



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÁ MOSTNÍ DESKA

REINFORCED CONCRETE SLAB BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaroslav Liška

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby |
| Pracoviště | Ústav betonových a zděných konstrukcí |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Student | Jaroslav Liška |
| Název | Železobetonová mostní deska |
| Vedoucí práce | Ing. Jan Kolářček, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2017 |
| Datum odevzdání | 25. 5. 2018 |

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucího práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém zpracujte dvě až tři studie mostu o jednom poli včetně jejich zhodnocení. Dále se zaměřte na návrh vybrané železobetonové deskové konstrukce. Pro kolmý most můžete provést úpravy v niveletě popř. v profilu řeky včetně délky přemostění. Dimenzování proveďte podle mezních stavů v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je návrh nového železobetonového mostu o jednom poli přes vodoteč. Most slouží k převedení silnice II. tř., kategorie S 7,5/50 a stezky pro chodce.

Cílem práce je návrh tří variant přemostění, z nichž nejvhodnější varianta je vybrána a podrobně zpracována.

Vybraná nosná konstrukce je řešena jako lichoběžníková deska s plným průřezem o rozpětí 11,350 m. Vnitřní síly od působícího zatížení byly vypočteny pomocí softwaru Scia Engineer 17.1 a porovnány s ručním výpočtem. Nosná konstrukce je posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Dimenze a posouzení nosné konstrukce jsou provedeny dle platných Eurokódů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobetonový most, zatížení dopravou, lichoběžníková deska, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, Eurokód

ABSTRACT

The thesis is mainly concerned with a project (plan) of new reinforced concrete bridge about one span over the river. The function of bridge is crossing the 2nd class road, category S 7,5/50 and also crossing a footpath.

In the work was considered three methods for the design of reinforced concrete bridge. The most convenient option was chosen and described in full detail.

Selected model of superstructure was designed as trapezoidal slab with full section in span 11,350 m. Calculation of internal forces were conducted by software Scia Engineer 17.1 and compared with manual computation. The superstructure of the bridge considers both ultimate and serviceability limit state. Dimension and assesment of the framework is made by Eurocodes.

KEYWORDS

Reinforced concrete bridge, traffic load, trapezoidal slab, ultimate limit state, serviceability limit state, Eurocode

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jaroslav Liška *Železobetonová mostní deska*. Brno, 2018. 30 s., 114 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2018

Jaroslav Liška
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Janu Kolářkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky na konzultacích.

Dále děkuji celé své rodině za podporu během celého studia na vysoké škole.

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD..... | 10 |
| 2. STUDIE NÁVRHU PŘEMOSTĚNÍ..... | 10 |
| 2.1. STUDIE NÁVRHU Č. 1..... | 11 |
| 2.2. STUDIE NÁVRHU Č. 2..... | 11 |
| 2.3. STUDIE NÁVRHU Č. 3..... | 12 |
| 3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ..... | 13 |
| 3.1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ..... | 13 |
| 3.2. POPIS ÚZEMÍ..... | 13 |
| 3.2.1. DOPRAVNÍ INTENZITA V ŘEŠENÉM ÚSEKU MÍSTNÍ KOMUNIKACE..... | 14 |
| 3.2.2. NÁVRHOVÉ HLADINY VODNÍHO TOKU..... | 14 |
| 3.3. GEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁKLADOVÉ PŮDY..... | 14 |
| 4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU..... | 15 |
| 4.1. SPODNÍ STAVBA..... | 15 |
| 4.2. PŘECHODOVÁ OBLAST..... | 15 |
| 4.3. ULOŽENÍ MOSTU..... | 16 |
| 4.4. MOSTNÍ ZÁVĚRY..... | 16 |
| 4.5. ŘÍMSY..... | 16 |
| 4.6. MOSTNÍ SVRŠEK..... | 17 |
| 4.6.1. VOZOVKA..... | 17 |
| 4.6.2. ODVODNĚNÍ MOSTOVKY..... | 17 |
| 4.7. MOSTNÍ VYBAVENÍ..... | 18 |
| 4.7.1. ZÁCHYTNÝ SYSTÉM..... | 18 |
| 4.7.2. ODVODNĚNÍ MOSTU..... | 18 |
| 4.7.3. OSTATNÍ MOSTNÍ VYBAVENÍ..... | 18 |
| 4.8. TERÉNNÍ ÚPRAVY..... | 18 |
| 4.9. POSTUP VÝSTAVBY..... | 18 |
| 5. HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE MOSTU..... | 19 |
| 5.1. GEOMETRIE HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE MOSTU..... | 19 |
| 5.2. ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA NOSNOU KONSTRUKCI..... | 20 |
| 5.2.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ..... | 20 |
| 5.2.2. ZATÍŽENÍ DOPRAVOU..... | 20 |
| 5.2.3. SESTAVY ZATÍŽENÍ..... | 22 |
| 5.3. STATICKÉ ŘEŠENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE..... | 22 |
| 5.3.1. PRUTOVÝ MODEL..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 5.3.2. DESKOVÝ MODEL | 23 |
| 5.3.3. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ..... | 24 |
| 5.4. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAVY..... | 24 |
| 5.4.1. POUŽITÝ MATERIÁL | 24 |
| 5.4.2. MEZNÍ STAV ÚNOSNOTI | 25 |
| 5.4.3. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI | 25 |
| 6. ZÁVĚR | 26 |
| 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 27 |
| 8. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ | 28 |
| 9. SEZNAM OBRÁZKŮ | 29 |
| 10. SEZNAM TABULEK | 29 |
| 11. SEZNAM PŘÍLOH..... | 30 |
| P.1. PODKLADY, STUDIE A VIZUALIZACE | 30 |
| P.2. PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝKRESY..... | 30 |
| P.3. STATICKÝ VÝPOČET..... | 30 |

1. ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce je návrh silničního mostu o jednom poli, jenž převádí místní komunikaci II. třídy, kategorie S 7,5/50 a stezku pro chodce přes vodoteč.

Most se nachází ve městě Slavičín (okr. Zlín) na místní pozemní komunikaci II/488 a překonává potok Říku. Lokalita umístění mostního objektu byla zvolena tak, aby odpovídala zadání bakalářské práce. Pro zjednodušení jsou návrhové veličiny mostu zvoleny. Návrhovými veličinami se rozumí např. okolní terén, geometrie koryta, hydrotechnické parametry, niveleta vozovky a geologické poměry základové půdy.

Pro daný mostní objekt jsou zpracovány tři varianty přemostění, z nichž je nejvhodnější varianta vybrána a podrobněji zpracována.

Pro vybranou variantu nosné konstrukce mostu jsou vytvořeny dva statické modely. Přesný deskový, 2D model, vytvořený a řešený pomocí softwaru Scia Engineer 17.1 a zjednodušený prutový model, který je řešený ručním výpočtem. Prutový model slouží k ověření správnosti deskového modelu. Oba modely byly zatíženy vybranými modely zatížení podle současné platné normy ČSN EN 1991-2. Návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce mostu je proveden a popsán v samostatné příloze P.3. Statický výpočet. Posudky jsou zpracovány podle příslušných Eurokódů.

Návrh mostních závěrů, ložisek a spodní stavby je proveden pouze dle doporučení a konstrukčních zvyklostí. Jejich posouzení není předmětem této bakalářské práce.

2. STUDIE NÁVRHU PŘEMOSTĚNÍ

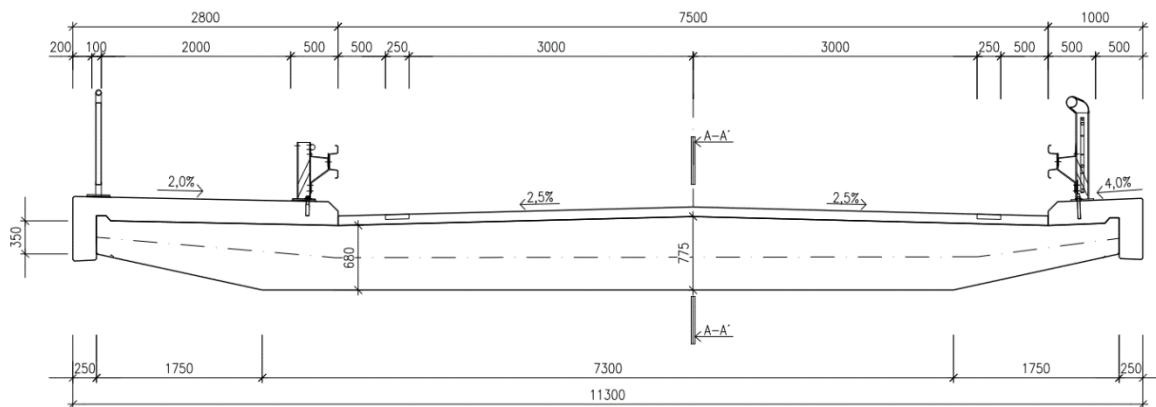
V rámci bakalářské práce byly vypracovány tři studie přemostění. Pro délku rozpětí pohybující se kolem 11,50 m a sklonem nivelety 1,50 % jsou navrženy všechny tři varianty jako železobetonové.

Jako nejvhodnější varianta byla vyhodnocená studie návrhu č. 1. Ta představuje nejvíce vhodnou variantu řešení mezi jednotlivými studiemi. Je střední cestou z estetického, ale i ekonomického hlediska zahrnující i rychlost a efektivitu výstavby.

Pro tuto variantu jsou v samostatných přílohách zpracovány podrobné statické výpočty, výkresy a vizualizace.

2.1. STUDIE NÁVRHU Č. 1

Prvním návrhem je navrženo monolitické řešení mostu. Tedy železobetonová deska, lichoběžníkového průřezu.



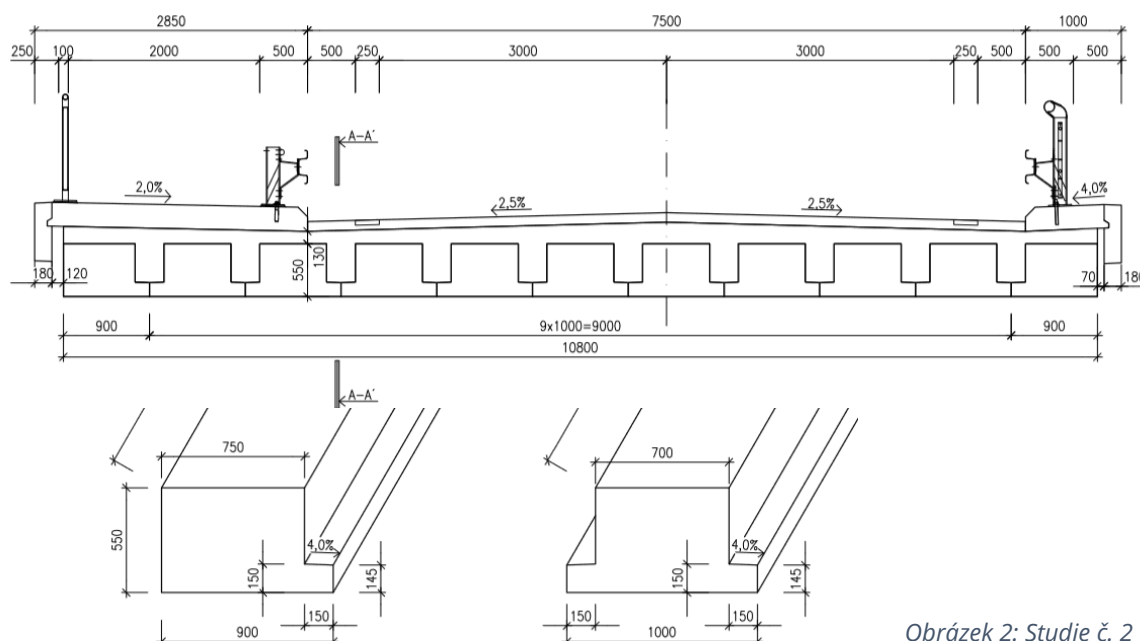
Obrázek 1: Studie č. 1

Výhodou této varianty je, díky monolitickému provedení, desková tuhost konstrukce. S tím souvisí její jednoduchá údržba po celou dobu její životnosti. Dále jednoduchost provedení a její estetický vzhled.

Nevýhodou je rychlost výstavby a nutnost technologických přestávek. Ta bude mít za následek omezení provozu, což se projeví na spokojenosti uživatelů mostu.

2.2. STUDIE NÁVRHU Č. 2

Druhým návrhem je prefabrikovaná řešení nosné konstrukce. Konstrukce je tvořena tyčovými železobetonovými prvky, obdélníkového průřezu s náběhy. Výška průřezu prvku odpovídá 550 mm. Prefabrikované prvky jsou zmonolitněny dobetonávkou a tvoří tak deskovou konstrukci. Tím by se vyřešil problém styčných spár mezi nosníky.



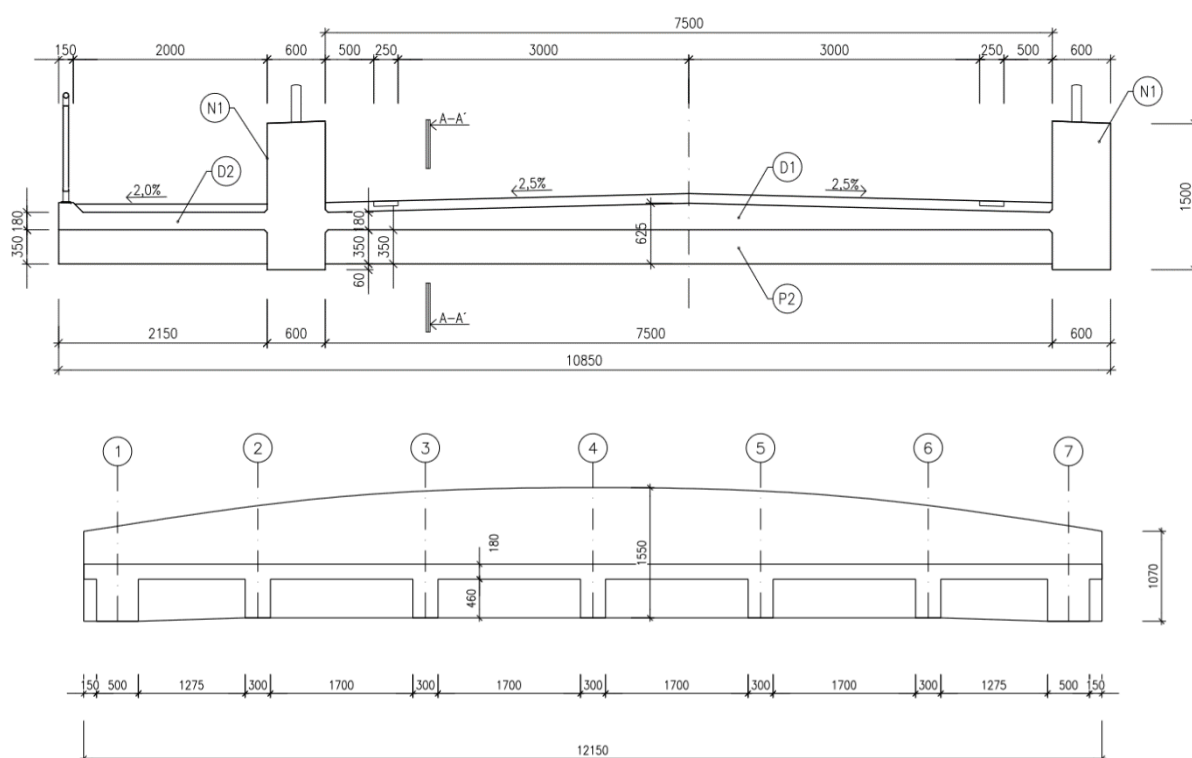
Obrázek 2: Studie č. 2

Výhoda tohoto řešení je bezesporu rychlost výstavby. Dále přesunutí výstavby do specializovaných výroben, přesnost a kvalita provedení jednotlivých částí nosné konstrukce.

Nevýhoda této varianty je hlavně v dopravě velkorozměrných prvků. Most se nenachází v blízkosti vlakového nádraží, proto připadá v úvahu pouze speciální automobilová doprava. Další problém je přesná montáž velkých a těžkých dílců.

2.3. STUDIE NÁVRHU Č. 3

Třetím návrhem je řešena nosná konstrukce jako parapetní nosník s příčnými žebry. Parapetní nosník je tvořený parabolickým průřezem s výškou 1500 mm. Tento nosník přebírá zatížení od příčných žebry, které jsou v osově vzdálenosti 1,675m-2,000m.



Obrázek 3: Studie č. 3

Výhoda varianty č. 3 je elegance konstrukce a bezpečný chod dopravy, způsobený oddělením chodníku od silniční dopravy pevným železobetonovým nosníkem. Dále velká tuhost konstrukce jako celku.

Hlavní nevýhoda je velká pracnost konstrukce, s tím související i rychlost výstavby a ekonomické hledisko.

3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

3.1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ

Druh mostu:

- | | |
|--|----------------|
| - dle převáděné komunikace: | Silniční |
| - dle plánované doby trvání: | Trvalý |
| - dle úhlu křížení: | Kolmý |
| - dle provedení: | Monolitický |
| - dle materiálu: | Železobetonový |
| - dle průběhu trasy na mostě: | V přímé trase |
| - dle měnění základní polohy mostovky: | Nepohyblivý |

Typ mostu:

- | | |
|---|---------------|
| - dle počtu polí: | O jednom poli |
| - dle statického působení nosné konstrukce: | Deskový |
| - dle stavebního hlediska: | Novostavba |

Označení mostu:

488-005

Označení silnice:

II/488

Návrhová kategorie podle dopravního významu

2. kategorie

Místo stavby:

Slavičín (okr. Zlín)

Katastrální území:

Hrádek na Vlárské dráze

Překračovaná překážka:

Potok Říka

Délka přemostění:

10,515 m

Rozpětí mostu:

11,350 m

Délka hlavní nosné konstrukce:

12,350 m

Délka mostu:

19,260 m

Šířka nosné konstrukce:

10,800 m

Konstrukční výška:

proměnná, \varnothing 720,8 mm

Staničení začátku mostu:

0,325 100 km

Staničení konce mostu:

0,344 370 km

3.2. POPIS ÚZEMÍ

Most se nachází v na komunikaci II/488 ve městě Slavičín na ulici Hrádecká (okres Zlín). Staničení komunikace roste směrem k městu Vizovice. Šířkové uspořádání komunikace odpovídá kategorii silnice S 7,5. Součástí místní komunikace je jednostranný chodník. Niveleta této komunikace klesá s rostoucím staničením o 1,5 %. Odvodnění komunikace je provedeno střežovitým sklonem vozovky 2,5 % a pomocí uličních vpustí.

Vedle této komunikace ve staničení 0,325 100 km protéká potok Říka, který je nutno přemostit.

3.2.1. DOPRAVNÍ INTENZITA V ŘEŠENÉM ÚSEKU MÍSTNÍ KOMUNIKACE

Podle posledního provedeného sčítání dopravy z roku 2010 je počet těžkých nákladních vozidel (TNV) v řešeném úseku roven počtu 434 voz/den. Uvažovaná životnost vozovky je 25 let.

Výpočet zatěžovací třídy:

TNV: 434 vozidel

Návrhové období: 25 let

Koeficient vývoje intenzity dopravy: 1,06

Dopravní zatížení: $TNV_k = 434 \cdot 1,06 = 460 \rightarrow$ IV. Třída dopravního zatížení

3.2.2. NÁVRHOVÉ HLADINY VODNÍHO TOKU

Údaje vypovídající o výšce hladiny vodního toku jsou monitorovány správcem vodního toku - Povodí Moravy. Monitoring potoku Říka prozatím správce vodního toku nezajistil, a tak jsou návrhové hladiny toku, ze studijních důvodů, pouze odhadovány. Odhady výšky hladiny vodního toku jsou dle parametrů okolního toku, který se svými odtokovými poměry podobá potoku Říka.

Výška hladiny kontrolního návrhového průtoku KNP:

$Q_1 = 18 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{100} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$, výška hladiny při 100-letém průtoku $h = 1,730 \text{ m}$

$Q_{100} / Q_1 = 125/18 = 6,94$

Kategorie významu podle dopravního významu: 2.kategorie

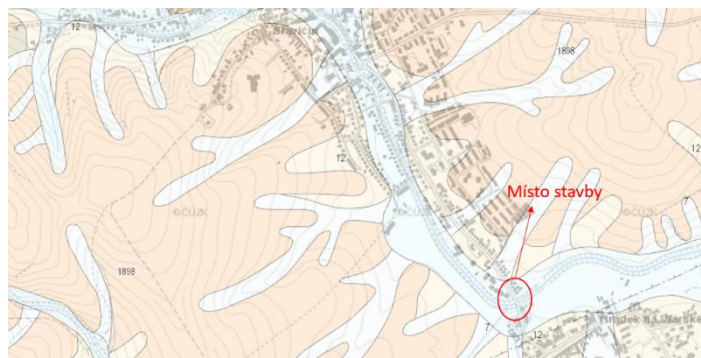
$KNV = 1,20 \cdot Q_{100} = 1,20 \cdot 1,730 = \mathbf{2,076 \text{ m}}$

Min. volná výška nad návrhovou hladinou 0,5 m.

3.3. GEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁKLADOVÉ PŮDY

V řešeném území nebyly provedeny průzkumné vrty ani zatěžovací zkoušky zeminy pod spodní stavbou mostu. Proto jsou jednotlivé vrstvy podloží přibližně určeny podle geologických map. Z geologických map vyplývá, že v místě stavby můžeme očekávat nezpevněný, smíšený, nivní sediment z vrstev hlíny, štěrku a písku.

V blízkosti mostu se nenachází žádné významné, či méně významné stavby, které by mohli být ovlivněny. Stejně tak se v blízkosti mostu nenacházejí žádné inženýrské sítě, které by bylo nutno přeložit.



Obrázek 4: Geologická mapa

4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU¹

4.1. SPODNÍ STAVBA

Účinky zatížení od dopravního provozu a vlastní tíhy hlavní nosné konstrukce jsou na obou stranách přeneseny pomocí masivních opěr do velkoformátových pilot.

Masivní opěry jsou z betonu C 20/25-XC2, tloušťka obou opěr je 1350 mm. Základová spára opěry OP1 je v nezámrazné hloubce -4,300 m, měřeno od nivelety vozovky. Základová spára opěry OP2 je v nezámrazné hloubce -4,500 m od nivelety vozovky.

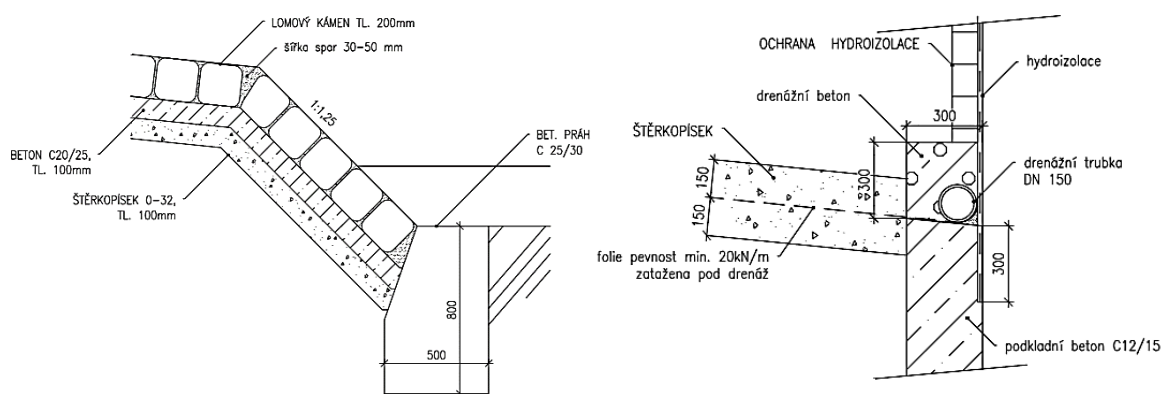
Obě opěry mostu jsou založeny na skupině šesti pilot o průměru 800 mm, a délce 12,000 m.

Izolace spodní stavby je provedena asfaltovými pásy. Izolace bude chráněna proti možnému poškození, a to obezdívkou nebo extrudovaným polystyrenem.

Odvodnění rubu spodní stavby je pomocí drenážní trubky DN 150. Drenáž bude chráněna drenážním betonem min. C12/15 a vyústěna do vodoteče pomocí prostupů v opěrách.

Zemní těleso bude uzavřeno u opěry OP1 pomocí dilatovaného mostního křídla. Dilatace mostního křídla bude provedena pěnovým polystyrenem tl. 20 mm nebo dle zvyklostí dodavatele spodní stavby. Zemní těleso u opěry OP2 je uzavřeno pomocí zavěšeného mostního křídla. Obě mostní křídla jsou zhotovena z betonu C20/25-XC2.

Zpevnění svahů v blízkosti koryta řeky bude provedeno pomocí lomového kamene tl. 200 mm. Lomový kámen bude osazen do suchého betonu C20/25 v tl. 100 mm. Pro podkladní vrstvu pod beton bude použito štěrkořísek tl. 100 mm.



Obrázek 5: Řešení detailů spodní stavby

4.2. PŘECHODOVÁ OBLAST

Přechodová oblast u OP1 i OP2 je navržena v závislosti na výšce opěry. Délka přechodové oblasti se rovná 3,250 m. Přechod mezi vozovkou a mostním objektem

¹Hlavní nosná konstrukce bude řešena samostatně

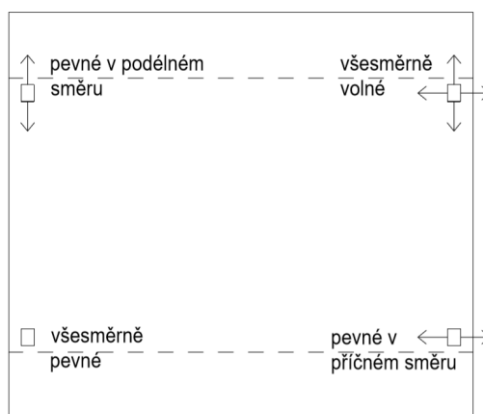
je řešen bez přechodové desky, pouze s přechodovým klínem. Přechodový klín je ze štěrkopísku, frakce 0-32 mm, který je zhutněn na 100 % PS po vrstvách max. tl. 300 mm. Sklon přechodového klínu je 1:2,0. Pro zásypy mimo přechodový klín bude použita vhodná zemina, která bude hutněna taktéž po vrstvách max. tl. 300 mm.

Odvodnění v přechodové oblasti bude zajištěno drenážním potrubím umístěným na rubu opěrných zdí. Viz. Obrázek 5.

4.3. ULOŽENÍ MOSTU

Přenos zatížení z hlavní nosné konstrukce mostu na úložný práh je zajištěno pomocí čtyř elastomerových ložisek (po dvou na každé straně).

Dle vzniklých statických účinků od zatížení jsou navrženy vyztužené elastomery o tl. 99 mm, s rozměry 450 x 350 mm. Ložiska jsou navržena tak, aby umožnily volné dilatační pohyby konstrukce. Ke konstrukci jsou ložiska připojena pomocí spřahovacích trnů, které jsou přivařeny na roznášecí ocelovou desku.



Obrázek 6: Schéma uložení nosné konstrukce

4.4. MOSTNÍ ZÁVĚRY

Kapacita závěru musí umožnit dilatační pohyb min. 20 mm (velikost dilatace dle konstrukčních vztahů $1,5\text{mm/m}$; $1,5 \times 12,350 = 19\text{ mm}$).

Je navržen elastický mostní závěr. Zálivková hmota bude provedena na místě v šířce 500 mm a tloušťce vozovky.

4.5. ŘÍMSY

Římsy jsou řešeny jako monolitické z betonu C30/37-XF4 tl. 250 mm. Římsa na pravé straně mostu je šířky 1000 mm, se sklonem 4,0 %. Je opatřena zvýšeným okrajem pro nebezpečí nárazu vozidel.

Římsa na pravé straně mostu je délky 2800 mm se sklonem 2,0 %. Svým šířkovým uspořádáním umožňuje obousměrný pohyb chodců.

Římsy na obou stranách jsou připevněny k hlavní nosné konstrukci pomocí talířových kotev osazených dle pokynů dodavatele. Jsou řešeny jako nepojízdné s výškou obruby 150 mm. Římsy budou opatřeny dilatačními spárami šířky

min. 15 mm. Dilatační spáry budou provedeny po vzdálenosti 6,00 m a budou chráněny před účinky vody těsnícím tmelem.

4.6. MOSTNÍ SVRŠEK

Svršek na mostní konstrukci svým uspořádáním nijak nemění šířkové uspořádání silnice v přidruženém prostoru. Šířka jízdních pruhů je 3,00 m. Vodící proužky jsou provedeny nástřiky, šířky 0,25 m. Zpevněná krajnice je šířky 0,50 m a je ohraničena obrubou monolitických říms výšky 150 mm.

4.6.1. VOZOVKA

Dle dopravní intenzity v daném úseku je navržena netuhá vozovka odpovídající IV. zátěžové skupině. Celková tloušťka vozovky je 100 mm.

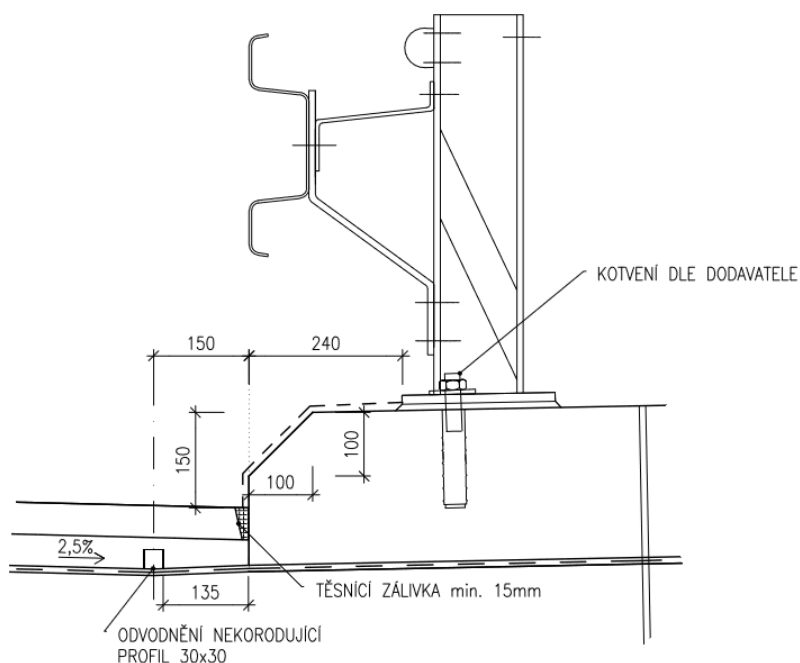
Obrusná vrstva vozovky je tvořena asfaltobetonovou směsí ACO 16+ tloušťky 50 mm. Ložnou a zároveň ochrannou vrstvu vozovky tvoří asfaltobetonová směs ACO 11+ tloušťky 40 mm. Izolační vrstvu tvoří asfaltové izolační pásy AIP tloušťky 10 mm. Jednotlivé vrstvy jsou spojeny spojovacím postříkem PS-E v množství 40 kg/m².

4.6.2. ODVODNĚNÍ MOSTOVKY

Odvodnění krytu je pomocí střešovitěho sklonu vrstev vozovky 2,5 %. Před i za mostem jsou umístěny uliční vpusti pro plynulý odvod dešťových vod.

Voda proniká obrusnou a ložnou vrstvou je odvodněna pomocí perforovaného hliníkového profilu 30x30 mm umístěného ve zpevněné krajnici vozovky. Tento profil je sveden, stejně jako kryt vozovky, do uliční vpusti.

Uliční vpusti jsou napojeny na dešťovou kanalizaci DN 200. Ta je jednostranně vyústěna do řečiště vodního toku.



Obrázek 7: Detail ukončení vozovky

4.7. MOSTNÍ VYBAVENÍ

4.7.1. ZÁCHYTNÝ SYSTÉM

Pro bezpečný provoz na mostě i v jeho bezprostřední blízkosti jsou navrženy záchytné systémy s úrovní zadržení H2.

Na pravé straně mostu je na římse navrženo ocelové zábradelní svodidlo ZSNH2. Výška horní hrany svodidla nad vozovkou je rovna 750 mm. Celková výška tohoto typu svodidla nad vozovkou se rovná 1200 mm. Výplň zábradlí tvoří svislé pruty.

Na levé straně mostu je na římse navrženo ocelové svodidlo. Výška horní hrany svodidla nad vozovkou se rovná 750 mm. Dále je zde navrženo mostní ocelové zábradlí se svislou výplní a výškou 1100 mm.

Kotvení svodidel a zábradlí bude provedeno dle zvyklostí dodavatelů. Barevný odstín zábradlí: RAL 5005-signální modrá.

4.7.2. ODVODNĚNÍ MOSTU

Na nosné konstrukci mostu není zřízeno žádné doplňující zařízení pro odvod dešťových vod. Konstrukce vozovky je navržena tak, aby bezpečně a dostatečně rychle odvedla vodu z mostního objektu. Případné nedokonalosti odvodnění, například u mostních závěrů nebo u přechodové oblasti, jsou řešeny pomocí vyspádování povrchu nebo samostatným drenážním systémem.

4.7.3. OSTATNÍ MOSTNÍ VYBAVENÍ

Pro účely kontroly mostního objektu a monitorování vodního toku jsou na protivodní straně mostu navržena terénní, obslužná schodiště.

Stupně schodiště mají rozměr 250x178 mm a šířku 750 mm. Jednotlivé stupně jsou osazeny mezi betonové obrubníky do betonového lože tl. 100 mm. Materiál schodiště, obrub i podkladní vrstvy je beton C20/25-XF3.

4.8. TERÉNNÍ ÚPRAVY

Úpravy svahu vodního toku v místě mostního objektu jsou navrženy tak, aby nijak neovlivnily hydrotechnické poměry toku. Svah řečiště je dán poměrem 1:1,25. V místě mostního objektu je svah zpevněn lomovým kamenem. Viz obr. 5.

4.9. POSTUP VÝSTAVBY

Stavební práce jsou rozděleny do jednotlivých fází. Fáze výstavby jsou účelně rozděleny tak, aby stavební společnosti specializované pouze na určité odvětví byly schopny bez problémů dokončit určitou fázi stavby.

Celková doba výstavby je naplánována na 8 měsíců (240 dní).

1. Fáze: Příprava staveniště, sejmutí ornice, terénní úpravy, hloubení a zajištění stavebních jam, vrtání a betonáž pilot, bednění a armování základů.
2. Fáze: Bednění, armování, betonáž mostní opěr a křídel.

- | | |
|----------|---|
| 3. Fáze: | Odvodnění spodní stavby, izolace základů, rubu, opěr a křídel. Odstranění pažení stavebních jam a postupné hutnění zásypů. |
| 4. Fáze: | Montáž pevné skruže, osazení ložisek, bednění hlavní nosné konstrukce, armování a betonáž hlavní nosné konstrukce. |
| 5. Fáze: | Ošetření betonu, demontáž bednění. |
| 6. Fáze | Dosypání a hutnění přechodových oblastí, terénní úpravy svahu toku. |
| 7. Fáze | Osazení mostních závěrů, zhotovení říms, obslužných schodišť, provedení mostního svršku, montáž svodidla a zábradlí, dokončovací terénní úpravy, úklid staveniště, uvedení stavby do provozu. |

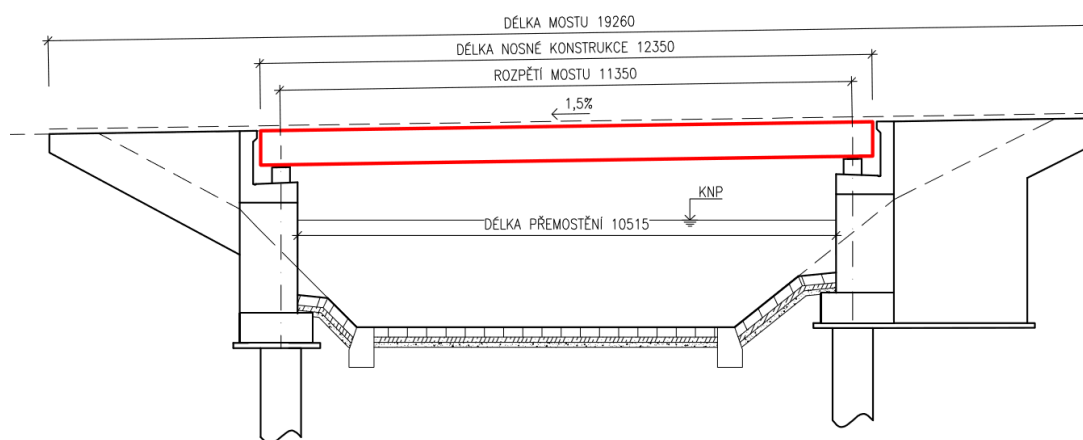
5. HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE MOSTU

5.1. GEOMETRIE HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE MOSTU

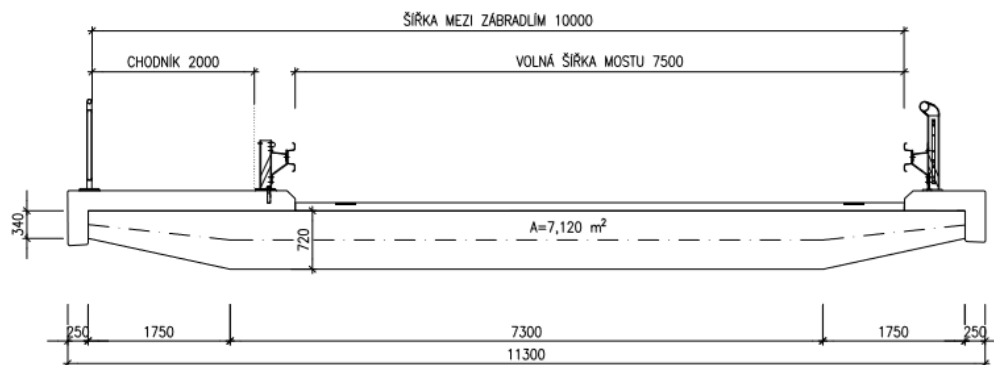
Rozpětí mostu bylo voleno v závislosti na okolním terénu a druhu nosné konstrukce. Bude uvažováno délkou 11,350 m. Šířkové uspořádání nosné konstrukce je navrženo podle kategorie pozemní komunikace S 7,5/50 a přilehlého levostranného chodníku. Volná šířka je 10,800 m. Pro úsporu materiálu a zlepšení vizuálního vzhledu konstrukce je navržena plná lichoběžníková deska. Tloušťka nosné konstrukce je vypočtena empirickými vztahy pro železobetonovou deskovou konstrukci.

$$h = (1/15 \sim 1/18) * L = (756 \text{ mm} \sim 630 \text{ mm})$$

Pro roznos zatížení a posouzení nosné konstrukce byla uvažována $h_0 = 720,8 \text{ mm}$.



Obrázek 8: Podélný řez mostu



Obrázek 9: Výpočtový příčný řez mostu

5.2. ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA NOSNOU KONSTRUKCI

V samostatné příloze P.3. Statický výpočet bylo uvažováno zatížení stálé a zatížení dopravou. Účinky teploty, větru, rozjezdových a brzdících sil, zatížení během provádění stavby a možné mimořádné účinky zatížení nebyly v rámci bakalářské práce uvažovány.

5.2.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

Mezi složky stálého zatížení jsou ve statickém výpočtu uvažovány: vlastní tíha nosné konstrukce, tíha říms společně se záchytným zařízením a vlastní tíha vozovky.

5.2.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Ve výpočtu je uvažována přesná plocha nosné konstrukce mostu. Reálný průřez s náběhy je převeden na průřez bez náběhů, ale odpovídající stejné ploše. Objemová tíha železobetonu je uvažována 25 kN/m^3 .

5.2.1.2. Zatížení od říms a záchytného zařízení

Vlastní tíha říms je dána průřezovou plochou jednotlivé římsy. V deskovém modelu je zatížení přepočteno na plošné zatížení. Uvažovaná tíha monolitických říms se rovná 25 kN/m^3 .

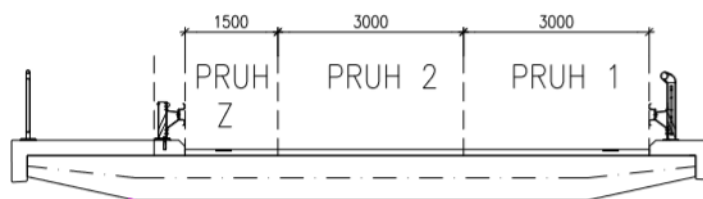
Záchytné zařízení: svodidlo i zábradlí je uvažováno tíhou $0,5 \text{ kN/m}$. Ve výpočtovém deskovém modelu je zatížení definováno jako liniové.

5.2.1.3. Vlastní tíha vozovky

Vlastní tíha obrusné a ložné vrstvy je tvořena asfaltobetonovou směsí. Ta je uvažována tíhou 24 kN/m^3 . V předpokladu, že se může obrusná i ložná vrstva plně odfrézovat nebo na ni může být umístěna nová vrstva, je ve výpočtu hodnota zatížení vynásobena odpovídajícími součiniteli.

5.2.2. ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

Mezi složky zatížení dopravou jsou uvažovány modely zatížení LM1-nahrazující účinky dopravy osobních a nákladních automobilů, LM3-představující soubor nápravových sil od speciálního vozidla, LM4-představující zatížení davem lidí. Vozovka silnice S 7,5 byla rozdělena do tří zatěžovacích pruhů, tak aby vyvodila na nosné konstrukci co nejnepříznivější účinek zatížení.



Obrázek 10: Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

5.2.2.1. Model zatížení 1 (LM1)

Model zatížení 1 je složen z ze dvou dílčích soustav:

- a) rovnoměrného zatížení-UDL
- b) soustředěného zatížení dvounápravy -TS

V případě regulačních součinitelů je uvažována 1. skupina pozemních komunikací.

HODNOTY REGULAČNÍCH SOUČINITELŮ α PRO ČR

| skupina pozemních komunikací | α_{Q1} | α_{Q2} | α_{Q3} | α_{q1} | α_{q2} | $\alpha_{q1} (i>2)$ a α_{qr} |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|--|
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 2.4 | 1.2 |
| 2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.45 ¹⁾ | 1.6 | 1.6 |

Tabulka 1: Hodnoty regulačních součinitelů, zdroj: studijní opora BL12, VUT v Brně

| Umístění | Dvounáprava (TS) | Rovnoměrné zat. (UDL) |
|-------------------------------|------------------|--|
| | Q_{ik} [kN] | q_{ik} (nebo q_{rk}) [kN/m ²] |
| pruh č.1 | 300 | 9 |
| pruh č.2 | 200 | 2.5 |
| pruh č.3 | 100 | 2.5 |
| ostatní pruhy | 0 | 2.5 |
| zbývající plocha (q_{rk}) | 0 | 2.5 |

Tabulka 2: Charakteristické hodnoty zatížení LM1, zdroj: studijní opora BL12, VUT v Brně

5.2.2.2. Model zatížení 3 (LM3)

Podle platné normy pro silnici II. třídy je uvažován model speciálního 9. nápravného vozidla s ozn. 1800/200. Vozidlo jedoucí rychlostí maximálně 70 km/hod. Dynamický součinitel $\phi=1,25$.

| Označení | Celková tíha vozidla | Šířka vozidla | Skladba náprav |
|------------|----------------------|---------------|--|
| 900 / 150 | 900 kN | 3 m | 6 náprav po 150 kN |
| 1800 / 200 | 1800 kN | 3 m | 9 náprav po 200 kN |
| 3000 / 240 | 3000 kN | 4.5 m | 12 náprav po 240 kN + 1 náprava 120 kN |

Tabulka 3: Typy zvláštních vozidel pro ČR, zdroj: studijní opora BL12, VUT v Brně

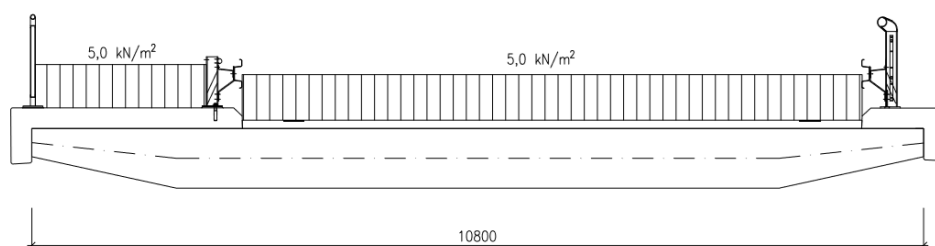
ZVLÁŠTNÍ VOZIDLA PRO SILNICE I. a II. TŘÍDY

| Označení, celková tíha | 1800/200, 1800 kN |
|---------------------------|--|
| Umístění zatížení | Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zat. pruhů, přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m. |
| Kombinace zatížení | Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava. |
| Rychlost | Normální (≤ 70 km/hod) |
| Dynamický součinitel | $\phi = 1.25$ |
| Poznámka | Jedná se o jedinné vozidlo na mostě. |

Tabulka 4: Charakteristicky speciálního vozidla pro silnici II. třídy, zdroj: studijní opora BL12, VUT v Brně

5.2.2.3. Zatížení model 4 (LM4)

Zatížení davem lidí se uvažuje plošná hodnota zatížení 5 kN/m^2 . Toto zatížení působí jak na vozovce, tak i na chodníku.



Obrázek 11: Zatížení model LM4

5.2.3. SESTAVY ZATÍŽENÍ

Pro kombinační hodnoty zatížení byly uvažovány sestavy zatížení gr1a, gr4 a gr5. Nejméně příznivá hodnota byla použita pro výpočet příslušných kombinačních vztahů.

| | | VOZOVKA | | | | | CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY |
|----------------------|------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|---|
| | | svislé síly | | | vodorovné síly | | pouze svislé zatížení |
| Zatěžovací systém | | dvojnáprava a rovn. zat. LM1 | jednotlivá náprava LM2 | zvláštní vozidla LM3 | zatížení davem lidí LM4 | brzděné a rozjezd. síly ^(a) | odstředivé síly a příčné síly ^(a) |
| SESTAVY ZATÍŽENÍ | gr1a | charakteristické hodnoty | | | | | |
| | gr1b | | charakteristická hodnota | | | | |
| | gr2 | časté hodnoty | | | | charakteristická hodnota | charakteristická hodnota |
| | gr3 | | | | | | charakteristická hodnota ^(c) |
| | gr4 | | | | charakteristická hodnota | | charakteristická hodnota |
| | gr5 | charak. hod. rovn. zatížení | | charakteristická hodnota | | | |

Tabulka 5: Sestavy zatížení, zdroj: studijní opora BL12, VUT v Brně

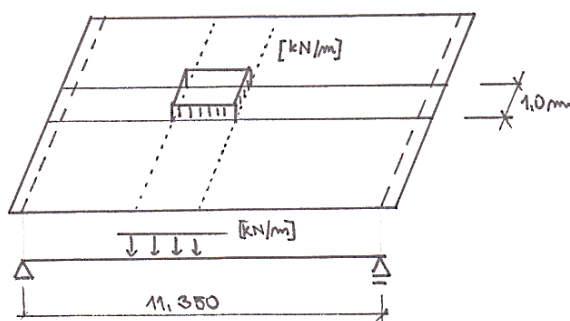
5.3. STATICKÉ ŘEŠENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Pro výpočet vnitřních sil od účinků zatížení byly pro hlavní nosnou konstrukci mostu vytvořeny dva statické modely. Model prutový a model deskový. Vnitřní síly byly spočítány kombinacemi zatížení pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

5.3.1. PRUTOVÝ MODEL

Jde o zjednodušené vyhodnocení statických účinků zatížení řešené pomocí metody spolupůsobící šířky jednotkového pruhu. Deskové působení konstrukce se převádí na prutové. Podle pravidel o roznosu zatížení, spojitého nebo bodového od kolových tlaků, se stanoví náhradní zatížení působící v jednotkové šířce a umístěné tak, aby vyvolalo maximální možné účinky.

Touto metodou se stanoví ohybový moment a posouvající síla pouze ve směru rozpětí. Ohybové namáhání v příčném směru a účinky od kroucení se zvláště nepočítají. Vypočítané vnitřní síly touto metodou posloužily k ověření správnosti deskového modelu.



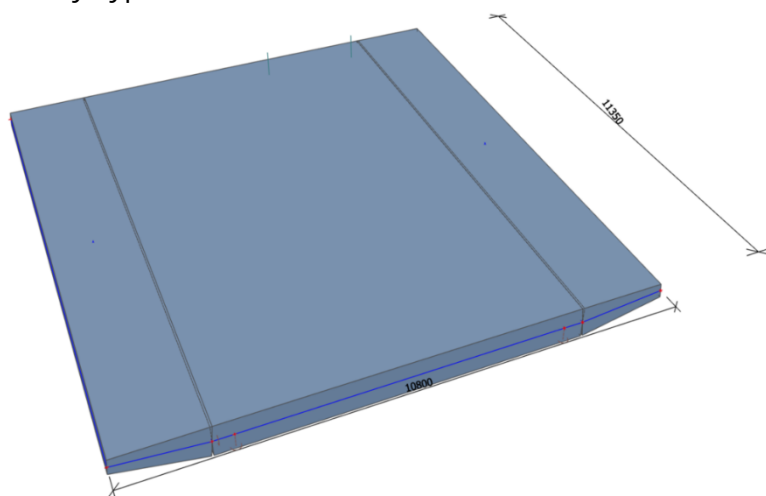
Obrázek 12: Prutový model

5.3.2. DESKOVÝ MODEL

Desky jsou jedním z typů plošných prvků, kdy tloušťka je vzhledem k ostatním rozměrům relativně malá. Střednicová rovina propojuje těžiště příčných řezů jednotlivých částí.

Deskový model konstrukce byl vytvořen v programu Scia Engineer 17.1, který je založen na aplikaci metody konečných prvků. Úloha byla řešena podle Midlinovy teorie tlustých desek.

Konstrukce byla vymodelována jako izotropní 2D prvek v pravoúhlé soustavě souřadnic x , y , z . Střednicová rovina hlavní části desky je proložena osami x a y , směr osy z je volen jako svislý a jeho kladný směr směřuje nahoru (proti zatížení). Vnitřní síly na deskovém modelu způsobené zatížením jsou pak podrobně popsány v příloze P.3 Statický výpočet.



Obrázek 13: Deskový model

5.3.3. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

| KOMBINACE | PRUTOVÝ MODEL [kNm] (ruční výpočet) | DESKOVÝ MODEL [kNm/m] (SCIA ENGINEER) | ROZDÍL VE VÝSLEDČÍCH [%] |
|------------------|---|---|--------------------------------|
| MSÚ-6.10.b.) | 989,375 | 1134,21 | 12,77 |
| charakteristická | 784,558 | 899,92 | 12,82 |
| častá | 631,218 | 736,85 | 14,34 |
| Kvazistálá | 344,584 | 422,85 | 18,51 |

Tabulka 6: Porovnání ohybových momentů ve směru rozpětí

Rozdíly ve výsledcích se podle předpokladů liší, ovšem v přijatelných odchylkách. Výsledky řešené pomocí výpočtového programu jsou považovány za správné.

Pro posouzení betonového průřezu jsou uvažovány statické veličiny vypočtené na přesnějším deskovém modelu, který zohledňuje příčné i kroutící momenty.

| VNITŘNÍ SÍLA | DESKOVÝ MODEL (SCIA ENGINEER) |
|--------------|----------------------------------|
| m_{xD-} | 1134,21 kNm/m |
| m_{yD-} | 548,00 kNm/m |
| m_{xD+} | 310,91 kNm/m |
| m_{yD+} | 1263,81 kNm/m |
| $V_{ED, D}$ | 753,70 kN/m |
| $R_{z, max}$ | 1944,05 kN |

Tabulka 7: Dimenzační veličiny

5.4. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAVY

Při návrhu a posouzení hlavní nosné konstrukce byly použity příslušné platné evropské normy-Eurokódy. Zejména tedy ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Posouzení bylo provedeno ručním výpočtem a ověřeno výpočtovým programem Scia Engineer 17.1.

5.4.1. POUŽITÝ MATERIÁL**5.4.1.1. Beton**

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Pevnostní třída: | C30/37 |
| Vliv prostředí: | XD1 |
| Konzistence betonu: | S4-S5 |
| Charakteristická pevnost v tlaku: | $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ |
| Charakteristická pevnost v tahu: | $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$ |
| Modul pružnosti: | $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$ |
| Mezní přetvoření: | $\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$ |
| Součinitel spolehlivosti: | $\lambda_c = 1,5$ |
| Součinitel spolehlivosti: | $\alpha_{cc} = 0,85$ |

5.4.1.2. Betonářská výztuž

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Druh oceli: | B500B |
| Charakteristická pevnost v tahu: | $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ |
| Součinitel spolehlivosti: | $\lambda_s = 1,15$ |
| Modul pružnosti: | $E_s = 200 \text{ GPa}$ |

5.4.2. MEZNÍ STAV ÚNOSNOTI

Při návrhu a posouzení betonu a výztuže byly použity idealizované pracovní diagramy. Pro beton byl použit bilineární pracovní diagram. Pro betonářskou ocel použit idealizovaný diagram pro tah i tlak.

c) Bilineární pracovní diagram

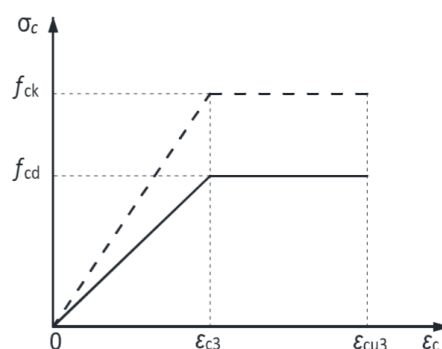
$$\sigma_c = f_{cd} \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c3}} \quad \text{pro } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{pro } \varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu3}$$

kde je

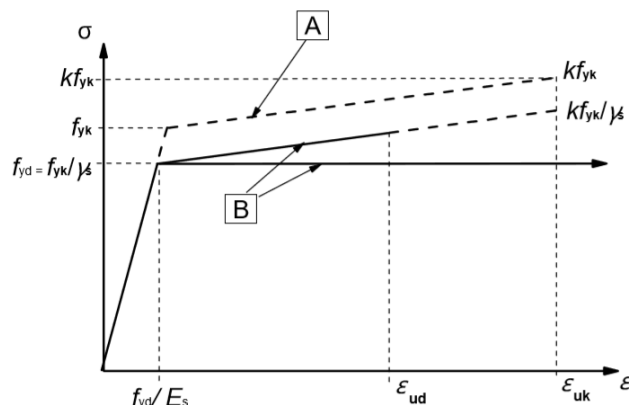
ε_{c3} poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti podle tabulky

ε_{cu3} mezní poměrné přetvoření podle tabulky



Obrázek 14: Pracovní diagram betonu, zdroj studijní opora BL01, VUT v Brně

(označení: **A** idealizovaný diagram, **B** návrhový diagram)



$k = (f_t / f_y)_k$ – viz tabulka požadovaných vlastností výztuže

ε_{uk} viz tabulka požadovaných vlastností výztuže

γ_s je dílčí součinitel spolehlivosti pro betonářskou ocel

$$\varepsilon_{ud} = 0,9 \cdot \varepsilon_{uk}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

Pracovní diagram s vodorovnou resp. se stoupající plastickou větví.

Obrázek 15: Pracovní diagram betonářské výztuže, zdroj studijní opora BL01, VUT v Brně

Dimenze výztuže byla provedena na podélný a příčný ohyb pro spodní i horní okraj nosné konstrukce, dále byla provedena dimenze smykové výztuže a posouzení nadložiskové oblasti.

5.4.3. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Tímto mezním stavem bylo ověřeno omezení napětí, omezení trhlin a omezení přetvoření. Výpočet byl proveden ručně pomocí charakteristik ideálního průřezu a ověřen softwarovým výpočtem.

6. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce byl návrh silničního mostu o jednom poli, jenž převádí pozemní komunikaci II. třídy, kategorie S 7,5/50 a stezku pro chodce přes vodoteč. Pro přiblížení k reálnému projektu byla stavba spojena se skutečným místem, avšak návrhové veličiny byly zvoleny.

Nosnou konstrukcí mostu byla ze tří variant zvolena železobetonová deska, lichoběžníkového průřezu. Cílem práce byl návrh mostního objektu a posouzení hlavní nosné konstrukce podle platných evropských norem. Zatížení mostní konstrukce bylo modelováno zatěžovacími modely LM1, LM3 a LM4. Konstrukce byla řešena jako izotropní, 2D prvek. Pro výpočet statických veličin byl použit výpočetní program Scia Engineer. K ověření správnosti řešení byl použit prutový model, řešený metodou spolupůsobící šířky. Účinky teploty, větru, rozjezdových a brzdných sil, zatížení během provádění stavby a možné mimořádné účinky zatížení nebyly v rámci bakalářské práce uvažovány.

Nosná konstrukce byla posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Konstrukce je navržena tak, aby oba tyto mezní stavy splnila. Jako výztuž betonu je použita betonářská ocel B500B. Beton byl zvolen v závislosti na vlivu prostředí pevnostní třídou C30/37. Návrhová životnost hlavní nosné konstrukce je 100 let.

Ostatní prvky mostního objektu, tj. mostní závěry, ložiska a spodní stavba jsou navrženy podle doporučení a konstrukčních zvyklostí.

Přílohy bakalářské práce jsou podrobné výkresy vypracované v programu AutoCAD 2018 s nástavbou CADKON-RCD 2018. Vizualizace byla vytvořena pomocí programu Rhinoceros 5 a Lumio 8.0. Statické řešení konstrukce bylo pomocí výpočetního programu Scia Engineer 17.1.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1, Zatížení konstrukcí: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI, Praha, 2004
- [2] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1, Zatížení konstrukcí: Zatížení mostů dopravou ČNI, Praha, 2005
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2, Navrhování betonových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI, Praha, 2006
- [4] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2, Navrhování betonových konstrukcí: Betonové mosty-navrhování a konstrukční zásady, ČNI, Praha, 2007
- [5] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČNI, Praha, 2004
- [6] Ing. Radim Nečas, Ph.D., Ing. Jan Koláček, Ph.D., Ing. Josef Panáček, BL12, Betonové mosty I-Zásady navrhování VUT v Brně, FAST, Brno, 2014
- [7] Ing. Miloš Zich, Ph.D. a kolektiv, Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů, Praha, 2010
- [8] prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc. prof. Ing. Ivailo Terzijski, CSc. Ing. Ivana Laníková, PhD. Ing. Josef Panáček Ing. Petr Šimůnek, PhD., BL01, Prvky betonových konstrukcí, Brno, 2015
- [9] Ing. Roman Šafář, Ph.D., doc. Ing. Vlastimil Kukáň, CSc., Ing. Michal Drahorád, Ing. Marek Foglar, Ph.D., Betonové mosty 1, Přednášky, ČVUT v Praze, Praha, 2010
- [10] doc. Ing. Vlastimil Hrdoušek, CSc., doc. Ing. Vlastimil Kukáň, CSc., Ing. Roman Šafář, Betonové mosty 1, cvičení, ČVUT v Praze, Praha, 2006
- [11] doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., BL02-přednáška 12, Bodově podepřené desky-propíchnutí, VUT v Brně, 2014
- [12] Ing. Jan Koláček, Ph.D., Podklady do cvičení BL012-Betonové mosty, [webový zdroj, cit. 17.05.2018] odkaz na webovou stránku: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/BL12.html>
- [13] Vzorové listy staveb pozemních komunikací VL4- mosty, Ministerstvo dopravy, 2015, [webový zdroj, cit. 17.05.2018] odkaz na webovou stránku: <http://www.pjpk.cz/>
- [14] SVP-mosty, katalog: Elastomerová stavební ložiska, [webový zdroj, cit. 17.05.2018] odkaz na webovou stránku: <https://www.svp-mosty.cz/loziska/>

- [15] M-konstrukce-s.r.o., Zábradelní svodidla, silniční zábradlí, mostní zábradlí, kovovýroba, [webový zdroj, cit. 17.05.2018] odkaz na webovou stránku: <http://www.m-konstrukce.cz/kovovyroba/>
- [16] SCIA ENGINEER, nápověda pro program SCIA Engineer 17, [webový zdroj, cit. 17.05.2018] odkaz na webovou stránku: <https://help.scia.net/17.1/cs/>

8. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

| SYMBOL | VÝZNAM | JEDNOTKA |
|---------------------------|---|-----------------------|
| 2D | plošný, dvojrozměrný prvek | - |
| Q_1 | jednoletý průtok | m^3/s |
| Q_{100} | stoletý průtok | m^3/s |
| KNH | kontrolní návrhová hladina | m |
| \emptyset, DN | průměr | mm |
| C n/m | Pevnostní třída betonu | MPa |
| XCn, XDn, XF _n | označení vlivu prostředí | - |
| f_{ck} | charakteristická pevnost betonu v tlaku | MPa |
| $f_{ctk,0,05}$ | charakteristická pevnost betonu v tahu | MPa |
| E_{cm} | modul pružnosti betonu | GPa |
| ϵ_{cu3} | mezní přetvoření betonu | ‰ |
| λ_c | součinitel spolehlivosti betonu | - |
| α_{cc} | součinitel spolehlivosti betonu | - |
| f_{yk} | charakteristická pevnost oceli v tahu | MPa |
| λ_s | součinitel spolehlivosti oceli | - |
| E_s | modul pružnosti oceli | GPa |

* Zkratky a symboly mohou být vysvětleny v textu.

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Studie č.1 | 11 |
| Obrázek 2: Studie č. 2..... | 11 |
| Obrázek 3: Studie č. 3..... | 12 |
| Obrázek 4: Geologická mapa | 14 |
| Obrázek 5: Řešení detailů spodní stavby | 15 |
| Obrázek 6: Schéma uložení nosné konstrukce | 16 |
| Obrázek 7: Detail ukončení vozovky | 17 |
| Obrázek 8: Podélný řez mostu..... | 19 |
| Obrázek 9: Výpočtový příčný řez mostu | 20 |
| Obrázek 10: Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů | 21 |
| Obrázek 11: Zatížení model LM4..... | 22 |
| Obrázek 12: Prutový model..... | 23 |
| Obrázek 13: Deskový model..... | 23 |
| Obrázek 14: Pracovní diagram betonu | 25 |
| Obrázek 15: Pracovní diagram betonářské výztuže | 25 |

10. SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Hodnoty regulačních součinitelů..... | 21 |
| Tabulka 2: Charakteristické hodnoty zatížení LM1 | 21 |
| Tabulka 3: Typy zvláštních vozidel pro ČR..... | 21 |
| Tabulka 4: Charakteristicky speciálního vozidla pro silnici II. třídy..... | 22 |
| Tabulka 5: Sestavy zatížení | 22 |
| Tabulka 6: Porovnání ohybových momentů ve směru rozpětí..... | 24 |
| Tabulka 7: Dimenzační veličiny | 24 |

11. SEZNAM PŘÍLOH

P.1. PODKLADY, STUDIE A VIZUALIZACE

| | | |
|---------------------------|---------------|-----|
| P.1.1. Geometrie terénu | M 1:100 | 1A4 |
| P.1.2. Studie návrhu č. 1 | M 1:100; 1:50 | 2A4 |
| P.1.3. Studie návrhu č. 2 | M 1:100; 1:50 | 2A4 |
| P.1.4. Studie návrhu č. 3 | M 1:100; 1:50 | 3A4 |
| P.1.5. Vizualizace | - | 3A4 |

P.2. PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝKRESY

| | | |
|------------------------|--------------------|------|
| P.2.1. Půdorys mostu | M 1:50 | 8A4 |
| P.2.2. Příčný řez A-A | M 1:50; 1:20; 1:10 | 5A4 |
| P.2.3. Příčný řez B-B | M 1:50; 1:10 | 5A4 |
| P.2.4. Podélný řez C-C | M 1:50; 1:20; 1:10 | 5A4 |
| P.2.5. Výkres výztuže | M 1:20 | 16A4 |

P.3. STATICKÝ VÝPOČET

| | | |
|-----------------------|---|------|
| P.3. Statický výpočet | - | 64A4 |
|-----------------------|---|------|